

В.А. КОЛБАСИН**РАСПОЗНАВАНИЕ СИГНАЛОВ ДОНАБОРА НОМЕРА В
ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ В ПРИСУТСТВИИ
ПОЛИГАРМОНИЧЕСКОЙ ПОМЕХИ**

У роботі розглянуто двохетапний метод розпізнавання сигналу донaborу номера в імпульсному режимі у присутності полігармонічної перешкоди. На першому етапі, використовуючи розходження в тривалостях інтервалу стаціонарності перешкоди й корисного сигналу, виконується послаблення перешкоди. Потім виконується виявлення диференціалів фронтів (ДФ) як виражених максимумів потужності сигналу. На другому етапі, використовуючи позиції ДФ, виконується розпізнавання переданих цифр.

Введение. При разработке и адаптации к условиям Украины систем компьютерной телефонии (СКТ) особого внимания требует организация диалога с пользователем. Традиционно взаимодействие с пользователем осуществляется следующим образом: СКТ воспроизводит голосовые сообщения, а пользователь передает в ответ цифровые команды, набирая их на номеронабирателе телефонного аппарата (ТА). Большинство СКТ предполагают, что набор номера при этом будет вестись в тональном режиме. Однако в Украине значительное количество ТА (до 50 %) поддерживает только импульсный набор номера [1]. Поэтому для увеличения количества возможных абонентов СКТ должна распознавать цифровые команды, переданные в импульсном режиме.

При наборе номера в импульсном режиме каждая цифра кодируется количеством кратковременных разрывов линии. При разрыве линии напряжение увеличивается до 48-60 В, а при соединении вновь падает до 5-15 В. Временные параметры импульсного набора определяются стандартом [2]. Номер, набираемый в импульсном режиме, АТС и СКТ принимают и декодируют по-разному. После поднятия абонентом трубки и до установления соединения АТС подключает к телефонной линии регистр – устройство для определения набираемого номера и передачи его на коммутационное поле. Регистр подключается к линии до входных цепей и за счет большого перепада напряжения надежно определяет номер. СКТ же подключается к телефонной линии абонента после цепей АТС и уже после установления соединения. То есть до СКТ сигнал доходит после прохождения телефонного тракта. При этом сигналы набора номера в импульсном режиме (ННИР) дифференцируются во входных цепях АТС и от них остаются только дифференциалы фронтов (ДФ). Сигнал ННИР после прохождения ТТ будем называть сигналом донaborу номера в импульсном режиме (ДНИР).

За счет большого разброса параметров телефонных аппаратов, цепей АТС и телефонных линий вид, мощность и длительность ДФ могут меняться в широких пределах (см. рисунок 1). В ряде случаев при прохождении

сигнала ННИР телефонного тракта (ТТ) к сигналу добавляются тональная и речевая помехи (случаи в и г).

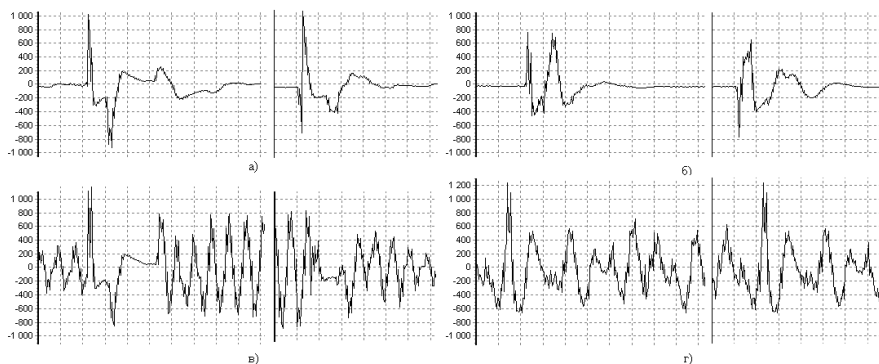


Рисунок 1. Осциллограммы ДФ чистых (а, б), зашумленных тональными сигналами (в) и речью (г).

Как показывает практика, большинство зарубежных систем для разработки СКТ не предназначено для работы в таких условиях и обеспечивает плохое качество распознавания. Поэтому целью данной работы является создание методики распознавания сигнала ДНИР в присутствии полигармонических помех.

Анализ. Поскольку под распознаванием сигнала ДНИР в данной работе мы понимаем распознавание переданной цифры, восстанавливать исходный сигнал ННИР не требуется. Вместо этого достаточно обнаружить местоположение его фронтов, что можно сделать, зная позиции ДФ. Таким образом, распознавание ДНИР предлагается осуществлять в два этапа: на первом этапе выполнить обнаружение ДФ, а на втором – используя позиции ДФ декодировать переданную цифру.

Обнаружение ДФ. Обнаружение ДФ сильно затруднено вследствие изменчивости вида и параметров ДФ. При этом создать общий образец ДФ для одного из классических методов обнаружения сигнала в шуме на наш взгляд не представляется возможным. Выполнять же обнаружение ДФ по набору образцов, например как это сделано в работе [3] для решения схожей задачи обнаружения щелчков в грамофонных записях, нецелесообразно из-за существенного увеличения необходимых для этого вычислительных ресурсов. Таким образом, обнаружение ДФ следует выполнять, основываясь на самых общих свойствах ДФ, не зависящих от характеристик ТТ.

Одним из таких свойств является энергия сигнала в окне анализа. Исходный сигнал ННИР имеет большую энергию и после прохождения ТТ часть этой энергии сохраняется в ДФ. При достаточно малом уровне шума энергия сигнала в окне анализа, содержащем ДФ, будет существенно больше энергии сигнала в соседних окнах анализа. Однако, в присутствии мощной

нестационарной помехи данный локальный максимум энергии сигнала может быть ею замаскирован. Кроме того, подобное изменение энергии сигнала может быть вызвано мощной кратковременной помехой.

Рассмотрим свойства ДФ и полигармонической помехи. ДФ представляет собой широкополосный сигнал, энергия которого распределена по всему спектру. Энергия полигармонической помехи, напротив, сосредоточена в относительно малом количестве полос спектра. Средняя длительность интервала стационарности помехи составляет 20 мс, что более чем в два раза превышает длительность ДФ (8-9 мс). С учетом вышеперечисленных отличий была разработана следующая методика обнаружения ДФ в присутствии полигармонической помехи.

Принятый сигнал разбивается на окна анализа. Длина окна анализа берется равной средней длительности интервала затухания ДФ (81 отсчет), а шаг смещения окон – равным 1/3 длины окна анализа (27 отсчетов). Для каждого окна анализа вычисляются оценки спектральной плотности мощности (СПМ) сигнала и полученные значения добавляются в сдвиговой буфер. Затем по накопленным данным осуществляется подавление помехи.

Исходя из того, что длительность ДФ существенно меньше длительности интервала стационарности помехи, мы можем считать все гармоники, длительность которых больше или равна длительности интервала стационарности помехи, гармониками помехи. Поскольку статистические свойства помехи и шума нам неизвестны, будем использовать консервативную оценку мощности гармоник, предполагая, что все факторы «играют» против нас, увеличивая по ряду окон оценки СПМ. В этом случае оценкой мощности гармоники помехи для i -й компоненты спектра будет минимум по всем оценкам СПМ на протяжении интервала анализа:

$$n_{i,m} = \min_{j=0..K-1} S_{i,m+j}, \quad (1)$$

где i - индекс компоненты спектра;

m - порядковый номер первого окна интервала анализа;

K - длительность интервала анализа.

Поскольку оценки СПМ по окну анализа принимают участие в обработке нескольких интервалов анализа, для лучшего подавления помехи значение мощности гармоники должно выбираться наибольшим по всем интервалам анализа, в которые входит данное окно. Тогда оценка мощности помехи для i -й компоненты спектра в окне под номером m равна:

$$n_{i,m} = \max_{l=-(K-1)..0} \min_{j=0..K-1} S_{i,m+l+j}. \quad (2)$$

Длительность интервала анализа K необходимо выбрать так, чтобы она с учетом перекрытия окон анализа была не меньше среднего интервала стационарности полигармонической помехи и была достаточно большой, чтобы сигнал длительностью ДФ не мог оказать влияния на все окна интервала анализа. Подбор длины интервала анализа проиллюстрирован на рисунке 2. Штриховкой показана область, на которую влияет сигнал

длительностью, равной длительности ДФ. Как видно из рисунка 2, значение длины интервала анализа должно быть равно 7 окнам анализа ($K = 7$).

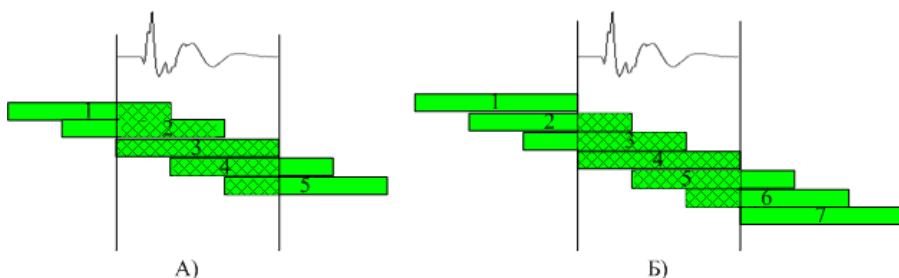


Рисунок 2. Влияние кратковременного сигнала при малом интервале анализа а) недостаточная и б) достаточная длины интервала анализа.

Далее удаляем помеховую составляющую из каждой гармоники сигнала и вычисляем оценку мощности очищенного сигнала:

$$S'_m = \sum_i (S'_{i,m} - n_{i,m}). \quad (3)$$

На основании этой оценки будем определять позиции ДФ как позиции выраженных максимумов сигнала. Для отсеивания маломощных пиков вблизи ДФ воспользуемся сглаживающим фильтром следующего вида:

$$F_m = \begin{cases} S'_m > F_{m-1}, & S'_m \\ S'_m \leq F_{m-1}, & \alpha F_{m-1} \end{cases} \quad (4)$$

и ограничением на мощность локальных максимумов сигнала S'_m :

$$(S'_m > \beta F_m) \cup (S'_m > V). \quad (5)$$

Параметр α отвечает за скорость спада выхода фильтра (4), а параметр β – за допустимый уровень уменьшения мощности следующих импульсов в серии. Параметр V определяет нижнюю допустимую границу мощности ДФ.

Распознавание ДНИР. Для распознавания ДНИР требуется подсчитать количество импульсов в исходном сигнале ННИР. В случае идеального прохождения сигналом ТТ для этого потребуется подсчитать количество интервалов между ДФ, длительность которых соответствует длительности интервала размыкания телефонной линии (40-70 мс). Однако, в ряде случаев один из ДФ может быть не распознан, равно как и между двумя ДФ, соответствующими фронтам исходного импульса, может появиться третий ДФ. Таким образом, методика подсчета количества импульсов должна учитывать возможности потери ДФ и появления дополнительного ДФ.

В данной работе предлагается следующая схема подсчета количества импульсов. После обнаружения ДФ вычисляется интервал времени между ним и предыдущим ДФ. Значение интервала записывается в буфер и через

80 мс после последнего интервала, длительность которого соответствует длительности размыкания телефонной линии, выполняется обработка буфера.

В буфере находится интервал максимальной длины, меньший длительности размыкания линии. Если найденное значение меньше длительности интервала размыкания, счетчику импульсов присваивается 0, иначе – -1. Далее в обе стороны от найденного значения выполняется суммирование длительностей интервалов. Как только сумма превышает длину импульса – увеличивается счетчик импульсов, а сумма сбрасывается в ноль. Если длительность интервала соответствует длительности импульса – сумма не модифицируется, а счетчик импульсов увеличивается. Если последний интервал удовлетворяет требованиям стандарта по длительности размыкания – он также учитывается в общем количестве импульсов. Обработка в каждом направлении прекращается, если длина очередного интервала больше допустимой длительности импульса или если за три интервала сумма не достигла допустимой длины импульса.

Результаты. Тестирование разработанного метода распознавания осуществлялось на записях ДНИР, выполненного на АТС г.Харькова. Для сравнения приведены результаты распознавания по разработанной методике, но с выключенным подавлением помехи.

Таблица. Результаты распознавания сигналов ДКИР

	Цифр определено верно	
	Есть помеха	Нет помехи
Всего цифр	90	504
Подавление помехи выключено	36 (40 %)	468 (93%)
Подавление помехи включено	75 (83 %)	479 (95%)

Из приведенных данных видно, что при отсутствии помехи результат распознавания незначительно улучшился. А при наличии помехи – количество верно определенных цифр увеличилось более чем в два раза.

Выводы. Предложенный в работе метод позволяет выполнять декодирование сигнала ДНИР при наличии полигармонической помехи. Хотя метод имеет ряд недостатков, характерных всем декодерам ДНИР (например, ложные определения цифры «1»), он вполне может быть использован при построении СКТ, использующих для получения данных от пользователя донатор цифр в импульсном режиме.

Список литературы: 1. *Муссель К.М.* Компьютерной телефонии в России исполняется ... 20 лет. - // СТИ.Компьютерная телефония. – 1999. – №2-3. – с. 8 - 13.
2. ГОСТ 7153-85. Аппараты телефонные общего применения. Общие технические условия
3. *Simon Godsill, Peter Rayner.* Digital Audio Restoration.

Поступила в редколлегию 04.05.06